

# Comune di Cantagallo

## Provincia di Prato



AREA TECNICA  
Servizio Patrimonio e Infrastrutture

***MESSA IN SICUREZZA DI VIA L'ESTAQUE IN LOCALITÀ FOSSATO,  
MEDIANTE CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE A VALLE DI UN TRATTO DI  
VIABILITÀ SOGGETTO A MOVIMENTO FRANOSO***

### **PROGETTO ESECUTIVO**

CIG: Z37312AD61

CUP: F87H20001800001

## **Elaborato 4**

Data: Novembre 2021

**RTS STR**  
Relazione Specialistica  
Strutture

DIRIGENTE :	Arch. Nicola Serini
R.U.P. :	Arch. Nicola Serini
PROGETTISTA :	Dott. Ing. Gabriele Bravi
DIRETTORE DEI LAVORI :	Dott. Ing. Gabriele Bravi
CSP e CSE ex D.Lgs 81/08	Dott. Ing. Gabriele Bravi

## **RELAZIONE STRUTTURE**

(Art. 35 - D.P.R. 207/2010)

## **CALCOLI DELLE STRUTTURE**

(Art. 37 - D.P.R. 207/2010)

## **PROGETTO ESECUTIVO**

### **MESSA IN SICUREZZA DI VIA L'ESTAQUE IN LOC. FOSSATO NEL COMUNE DI CANTAGALLO MEDIANTE CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE A VALLE DI UN TRATTO DI VIABILITÀ, SOGGETTO A MOVIMENTO FRANOSO**

#### **1. PREMESSA**

Come già anticipato nella relazione generale dell'intervento, i lavori di cui al progetto allegato sono finalizzati alla messa in sicurezza di via l'Estaque in loc. Fossato nel comune di Cantagallo, in corrispondenza di un piccolo evento franoso verificatosi nel recente passato a valle della predetta viabilità.

Tale obiettivo verrà conseguito mediante la realizzazione di una paratia di micropali localizzata al tratto interessato dall'evento franoso che consenta di mettere in sicurezza il tratto stradale corrispondente.

La presente relazione recepisce le richieste di integrazione avanzate dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile - Settore Sismica, nell'ambito della Conferenza di Servizi tenutasi a corredo dell'approvazione del progetto definitivo.

#### **2. SPECIFICHE TECNICHE DELL'INTERVENTO**

La paratia sarà caratterizzata da micropali di lunghezza pari a circa 15 mt con diametro di perforazione pari a 22 cm e camicia in acciaio di spessore 8,8 mm e diametro 139,7 mm.

L'interasse dei micropali è stato dimensionato sia in relazione alle necessità strutturali, sia in considerazione della necessità di trattenere il detrito anche nella pezzatura minore, in caso di ulteriori distacchi. La palificata avrà pertanto interasse pari a 35 cm.

I pali saranno collegati in testa da un cordolo in cemento armato avente sezione 80 x 80 cm; tale cordolo prevede in corrispondenza del lato di valle, un elemento in aggetto finalizzato all'ancoraggio dell'eventuale nuovo guard rail oltre che per la definizione in superficie della necessaria "battuta" per la regimazione delle acque meteoriche.

Per quanto concerne le valutazioni di carattere geologico e geotecnico, si è fatto riferimento alla relazione geologico – tecnica allegata, redatta a firma del dott. geol. Gianni Focardi.

Di seguito si riportano le informazioni relative ai carichi ed ai parametri sismici utilizzati per il progetto strutturale delle opere:

- Classe d'uso II: *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.”*
- Coefficiente d'uso  $C_u$ : 1,0.
- Vita Nominale del progetto: 50 anni *“Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”*
- Il sovraccarico considerato (oltre ai pesi propri ed a quelli permanenti portati) è stato assunto in cat. G *“Parcheggi e aree per il traffico (escluso ponti) per veicoli medi (peso a pieno carico compreso tra 30 kN e 160kN)”*.  
Per il calcolo della spinta agente sulla paratia è stato considerato agente un carico distribuito su tutta la sede stradale pari a 500 daN/mq, oltre a due carichi concentrati simultanei pari a 5.000 daN. Detti carichi sono stati considerati contemporaneamente ed in combinazione con le sollecitazioni sismiche secondo i coefficienti di normativa.  
Infine è stato considerato un carico di tipo *eccezionale* quale l'urto di un autoveicolo sul guard rail pari a 25 kN applicati ad un'altezza da terra pari a 1,0 ml.
- Il territorio comunale di Cantagallo è inquadrato in zona sismica 2 ovvero a sismicità medio-alta con valori di PGA fra 0,15 e 0,25 g.
- Classe topografica pari a T2 *“Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ”*.
- In base a quanto indicato nella relazione geologica, si evince la presenza di un terreno di categoria di sottosuolo B; ossia: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”*
- L'intervento è stato inquadrato come Nuova costruzione e pertanto sarà redatto il certificato di collaudo statico a margine della presentazione del Certificato di fine lavori delle opere strutturali presso l'Ufficio del Genio Civile.

I valori del parametro  $a_g$  preso dai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale sono forniti nel seguito (vedi tabella 1):

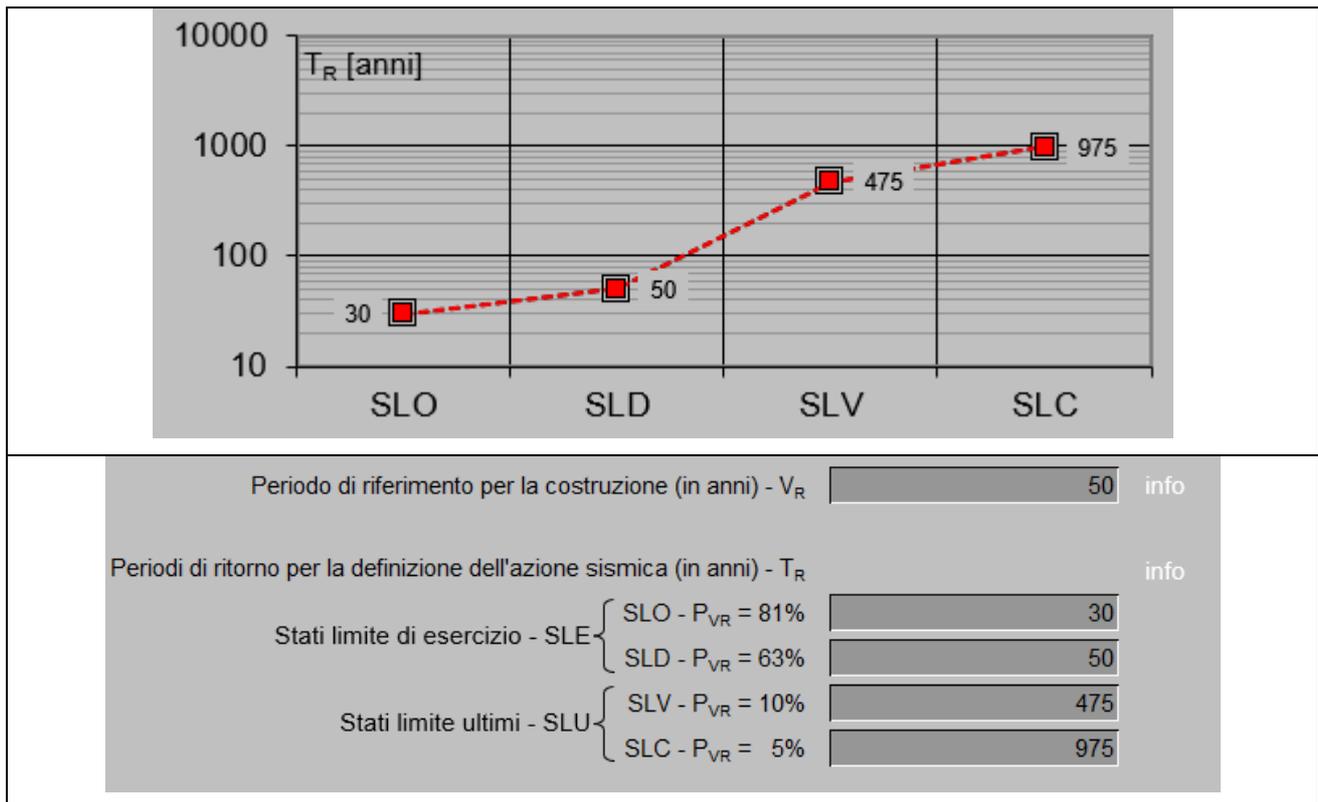


Tabella 1. Valori dei parametri  $ag$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.

### 3. NORMATIVA DI SETTORE DI RIFERIMENTO

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018: "Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.
- Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici - num. 7 del 21/01/2019 - "Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018.
- Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP, documento approvato il 24 luglio 2009 dall'assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- Indirizzi per l'esecuzione degli interventi di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3790 del 17.7.2009 (Riparazione con miglioramento sismico di edifici danneggiati), a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Commissario Delegato (Eventi sismici provincia di L'Aquila, 6 aprile 2009).
- Riferimenti tecnici: EuroCodici
- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a strutture metallica
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

#### **4. MATERIALI UTILIZZATI**

Per la realizzazione del progetto in esame si prescrive l'utilizzo dei seguenti materiali:

- » Acciaio laminato per armatura micropali tipo S355JR:

$$f_{yk} = 3.550 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{tk} = 5.100 \text{ Kg/cm}^2$$

Le forniture di acciaio saranno accompagnate dai relativi certificati di laboratorio e marchiate come disposto dalla normativa.

- » Saldature in officina a completo ripristino, con procedimento codificato secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001.

Le saldature dovranno essere eseguite da operatori certificati.

- » Saldature in opera a cordone d'angolo, con procedimento codificato secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001.

Le saldature dovranno essere eseguite da operatori certificati.

- » Conglomerato cementizio classe C25/30 N/mm<sup>2</sup> per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio armato

$$f_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

Il rapporto massimo acqua-cemento per il confezionamento dei conglomerati sarà 0,60, classe di esposizione XC1 (elevazione)/XC2 (fondazione), lavorabilità S4 (fondazione)/S5 (elevazione), diametro massimo degli inerti 32 mm (fondazione) 20 mm (elevazione). Per la corretta esecuzione in opera del conglomerato si provvederà mediante idonea costipazione e per quanto riguarda la stagionatura, allo scopo di evitare le conseguenze del ritiro, saranno assicurate successive annaffiature.

- » Acciaio per cemento armato B450C per tutte le armature; sotto forma di barre ad aderenza migliorata, avente caratteristiche meccaniche e tecnologiche conformi a quelle richieste dalla normativa ed in particolare:

$$f_{yk} = 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{tk} = 5400 \text{ Kg/cm}^2$$

Le forniture di acciaio saranno accompagnate dai relativi certificati di laboratorio e marchiate come disposto dalla normativa.

- » Resina bicomponente per ancoraggi di armature su elementi in conglomerato cementizio del tipo HILTI HIT-RE 500 o equivalente.

- » Resina bicomponente per ancoraggi di armature su elementi in muratura piena del tipo HILTI HIT-HY 70 o equivalente.

- » Bulloni e barre classe 8.8 – 10.9

:

## 5. FASCICOLO DEI CALCOLI PARATIA MICROPALI

### Richiami teorici

#### Metodo di analisi

#### *Calcolo della profondità di infissione*

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

<b>K<sub>am</sub></b>	diagramma della spinta attiva agente da monte
<b>K<sub>av</sub></b>	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
<b>K<sub>pm</sub></b>	diagramma della spinta passiva agente da monte
<b>K<sub>pv</sub></b>	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

#### *Calcolo della spinte*

#### **Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)**

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

## Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

## Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

## Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

## Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se ( $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicando con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $\text{Kg/cm}^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

### Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidità,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassembleggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

### Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.10. È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - U_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. Inoltre  $U_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ). Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Verifiche idrauliche

### Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico  $i_c$  e il gradiente idraulico di efflusso  $i_E$ .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio  $\gamma_m$  del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua  $\gamma_w$ .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico  $\Delta H$  e la lunghezza della linea di flusso  $L$ .

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

### Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità  $D$  e larghezza  $D/2$ .

$D$  rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto  $W$  e la pressione idrica al piede della paratia  $U$  dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.



## Dati

### Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	2.00	[m]
Profondità di infissione	13.00	[m]
Altezza totale della paratia	15.00	[m]
Lunghezza paratia	14.00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0.35	[m]
Diametro dei micropali	22.00	[cm]
Numero totale di micropali	39	
Numero di micropali per metro lineare	2.79	
Diametro esterno del tubolare	139.70	[mm]
Spessore del tubolare	8.80	[mm]

### Geometria cordoli

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

#### Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

#### Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm <sup>3</sup> ]
1	0.00	Calcestruzzo	80.00	80.00	--	--

### Geometria profilo terreno

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

#### Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	10.00	0.00	0.00

#### Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20.00	-10.50	0.00
2	-1.00	-2.00	0.00
3	0.00	-2.00	180.00

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno 1	2000.0	2000.0	25.00	12.50	0.153

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
2	Terreno 2	2000.0	2000.0	25.00	12.50	0.153

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
 $\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)  
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	$\alpha_M$	$\alpha_V$	K <sub>WM</sub>	K <sub>WV</sub>	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]		
1	5.00	0.00	0.00	1.14	1.14	Terreno 1	Terreno 1
2	25.00	0.00	0.00	5.25	5.25	Terreno 2	Terreno 2

## Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 2.00 [m]  
 Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 2.00 [m]  
 Regime delle pressioni neutre: **Idrostatico**

## Caratteristiche materiali utilizzati

### Simbologia adottata

$\gamma_{cls}$  Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]  
 Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo  
 Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 E Modulo elastico, espresso in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 Acciaio Tipo di acciaio  
 n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	$\gamma_{cls}$	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	S 355	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$	E
	[kg/mc]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Paratia	7850	2100000

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
 Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

I<sub>g</sub> Indice di gruppo  
 F<sub>x</sub> Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle  
 F<sub>y</sub> Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso  
 M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante  
 Q<sub>i</sub>, Q<sub>r</sub> Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]  
 V<sub>i</sub>, V<sub>s</sub> Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle  
 R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

**Condizione n° 1 - Variabile da traffico - Schema di carico 1 CARICO VEICOLARE (I<sub>g</sub>=0) [ $\Psi_0=0.40 - \Psi_1=0.40 - \Psi_2=0.00$ ]**

Carico concentrato sul profilo	X = 1.00	F <sub>x</sub> = 0	F <sub>y</sub> = 5000		
Carico concentrato sul profilo	X = 3.00	F <sub>x</sub> = 0	F <sub>y</sub> = 5000		
Carico distribuito sul profilo	X <sub>i</sub> = 0.00	X <sub>r</sub> = 9.00	Q <sub>i</sub> = 500	Q <sub>r</sub> = 500	

**Condizione n° 2 - Eccezionale - Schema di carico 2 URTO VEICOLO**

Carico concentrato sulla paratia	Y=0.00	F <sub>x</sub> =2500	F <sub>y</sub> =0	M=2500	
----------------------------------	--------	----------------------	-------------------	--------	--

## Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

### Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Schema di carico 1 CARICO VEICOLARE	SFAV	1.35	1.00

### Combinazione n° 2 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

### Combinazione n° 3 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 1 CARICO VEICOLARE	SFAV	1.15	1.00

### Combinazione n° 4 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	

### Combinazione n° 5 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

### Combinazione n° 6 - Eccezionale

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

### Combinazione n° 7 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 1 CARICO VEICOLARE	SFAV	1.00	1.00

### Combinazione n° 8 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 1 CARICO VEICOLARE	SFAV	1.00	0.40

### Combinazione n° 9 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	

### Combinazione n° 10 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

### Combinazione n° 11 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 12 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Schema di carico 2 URTO VEICOLO	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 13 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	

### Impostazioni di progetto

#### Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.15	1.00	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\alpha}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

#### Verifica materiali : Stato Limite

#### Impostazioni verifiche SLU

##### Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

#### Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yd} / 3.0^{0.5}$$

con:

$A_v$  Area lorda sezione profilo

#### Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali  
Armatura ad aderenza migliorata

Ordinarie

## Impostazioni di analisi

### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

## Impostazioni analisi sismica

### **Identificazione del sito**

Latitudine 44.078173  
Longitudine 11.061248  
Comune Cantagallo  
Provincia Prato  
Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 18724 - 18725 - 18503 - 18502

### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera ordinaria  
Vita nominale 50 anni  
Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
Vita di riferimento 50 anni

### **Combinazioni/Fase**

	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Accelerazione al suolo [ $m/s^2$ ]	1.956	0.782
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.393	2.441
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.284	0.260
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.400	1.400
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.070	0.070
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.567	0.567
Prodotto $\alpha \beta$	0.567 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	19.007	7.599
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte  
Forma diagramma incremento sismico : Triangolo con vertice in alto.

## Risultati

### Analisi della paratia

#### L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 40 elementi fuori terra e 260 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	2.00	[m]
Profondità di infissione	13.00	[m]
Altezza totale della paratia	15.00	[m]

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y <sub>Pa</sub> [m]	Is [kg]	Y <sub>Is</sub> [m]	Pw [kg]	Y <sub>Pw</sub> [m]	Pp [kg]	Y <sub>Pp</sub> [m]	Pc [kg]	Y <sub>Pc</sub> [m]
1	SLU - STR	3887	1.20	--	--	0	0.00	-6365	3.04	2478	5.94
2	SLU - STR	7	1.96	--	--	0	0.00	-6279	3.02	3773	5.69
3	SLU - GEO	3954	1.14	--	--	0	0.00	-7943	4.15	3989	7.13
4	SLV - GEO	0	1.34	15	1.33	0	0.00	-23	2.90	8	5.86
5	SLU - GEO	23	1.93	--	--	0	0.00	-6476	3.33	3954	6.07
6	Eccezionale	0	0.00	--	--	0	0.00	-6283	3.05	3783	5.73
7	SLE - Rara	2473	1.16	--	--	0	0.00	-3946	2.90	1473	5.81
8	SLE - Frequente	459	1.19	--	--	0	0.00	-727	2.90	268	5.82
9	SLE - Quasi permanente	0	0.00	--	--	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	SLE - Rara	0	0.00	--	--	0	0.00	-6283	3.05	3783	5.73
11	SLE - Frequente	0	0.00	--	--	0	0.00	-6283	3.05	3783	5.73
12	SLE - Quasi permanente	0	0.00	--	--	0	0.00	-6283	3.05	3783	5.73
13	SLD	0	0.00	0	1.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y <sub>Rc</sub> [m]	Rt [kg]	Y <sub>Rt</sub> [m]	Rv [kg]	Y <sub>Rv</sub> [m]	Rp [kg]	Y <sub>Rp</sub> [m]
1	SLU - STR	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	SLU - STR	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	SLU - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	SLV - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	SLU - GEO	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	Eccezionale	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
7	SLE - Rara	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8	SLE - Frequente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9	SLE - Quasi permanente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	SLE - Rara	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11	SLE - Frequente	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
12	SLE - Quasi permanente	2500	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
13	SLD	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P <sub>NUL</sub>	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P <sub>INV</sub>	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C <sub>ROT</sub>	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R <sub>MAX</sub>	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]	P <sub>P</sub> [m]
1	SLU - STR	2.00	2.40	4.58	5.75	2.52	7817
2	SLU - STR	2.00	2.40	4.17	5.75	2.83	7817
3	SLU - GEO	2.00	5.45	5.86	24.52	6.43	4949
4	SLV - GEO	2.00	2.20	4.45	0.00	0.01	7817
5	SLU - GEO	2.00	2.40	4.77	11.88	5.25	4949
6	Eccezionale	2.00	2.40	4.22	6.51	3.89	7817
7	SLE - Rara	2.00	2.20	4.38	0.00	2.11	7817
8	SLE - Frequente	2.00	2.20	4.39	0.00	0.39	7817
9	SLE - Quasi permanente	2.00	2.00	-11.00	0.00	100.00	7817
10	SLE - Rara	2.00	2.40	4.22	6.51	3.89	7817
11	SLE - Frequente	2.00	2.40	4.22	6.51	3.89	7817
12	SLE - Quasi permanente	2.00	2.40	4.22	6.51	3.89	7817
13	SLD	2.00	2.00	-11.00	0.00	100.00	7817

## Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N	sforzamento normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y <sub>M</sub> [m]	T [kg]	Y <sub>T</sub> [m]	N [kg]	Y <sub>N</sub> [m]	
1	SLU - STR	5434	3.05	3887	2.00	3971	15.00	MAX
		-193	7.20	-2361	4.55	0	0.00	MIN
2	SLU - STR	8502	2.65	2507	2.00	3971	15.00	MAX
		-355	6.80	-3557	4.15	0	0.00	MIN
3	SLU - GEO	7388	4.30	3954	2.00	3971	15.00	MAX
		-284	8.50	-3817	5.85	0	0.00	MIN
4	SLV - GEO	18	2.95	15	2.00	3971	15.00	MAX
		-1	7.05	-8	4.45	0	0.00	MIN
5	SLU - GEO	8817	2.90	2523	2.00	3971	15.00	MAX
		-290	7.40	-3778	4.75	0	0.00	MIN
6	Eccezionale	8516	2.65	2500	0.00	3971	15.00	MAX
		-345	6.85	-3574	4.20	0	0.00	MIN
7	SLE - Rara	3270	2.85	2473	2.00	3971	15.00	MAX
		-125	7.00	-1398	4.35	0	0.00	MIN
8	SLE - Frequente	595	2.90	459	2.00	3971	15.00	MAX
		-23	7.00	-255	4.35	0	0.00	MIN
9	SLE - Quasi permanente	0	0.00	0	0.00	3971	15.00	MAX
		0	0.00	0	0.00	0	0.00	MIN
10	SLE - Rara	8516	2.65	2500	0.00	3971	15.00	MAX
		-345	6.85	-3574	4.20	0	0.00	MIN
11	SLE - Frequente	8516	2.65	2500	0.00	3971	15.00	MAX
		-345	6.85	-3574	4.20	0	0.00	MIN
12	SLE - Quasi permanente	8516	2.65	2500	0.00	3971	15.00	MAX
		-345	6.85	-3574	4.20	0	0.00	MIN
13	SLD	0	0.00	0	0.00	3971	15.00	MAX
		0	0.00	0	0.00	0	0.00	MIN

## Spostamenti massimi e minimi della paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>U</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>V</sub> [m]	
1	SLU - STR	2.3698	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0286	5.45	0.0000	0.00	MIN
2	SLU - STR	3.5720	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0527	5.05	0.0000	0.00	MIN
3	SLU - GEO	5.6523	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0422	6.75	0.0000	0.00	MIN
4	SLV - GEO	0.0073	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0001	5.35	0.0000	0.00	MIN
5	SLU - GEO	4.6003	0.00	0.0088	0.00	MAX

n°	Tipo	U	Yu	V	Yv	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
		-0.0430	5.65	0.0000	0.00	MIN
6	Eccezionale	3.6588	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0512	5.10	0.0000	0.00	MIN
7	SLE - Rara	1.3330	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0185	5.25	0.0000	0.00	MIN
8	SLE - Frequente	0.2421	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0033	5.25	0.0000	0.00	MIN
9	SLE - Quasi permanente	0.0000	0.00	0.0088	0.00	MAX
		0.0000	0.00	0.0000	0.00	MIN
10	SLE - Rara	3.6588	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0512	5.10	0.0000	0.00	MIN
11	SLE - Frequente	3.6588	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0512	5.10	0.0000	0.00	MIN
12	SLE - Quasi permanente	3.6588	0.00	0.0088	0.00	MAX
		-0.0512	5.10	0.0000	0.00	MIN
13	SLD	0.0000	0.00	0.0088	0.00	MAX
		0.0000	0.00	0.0000	0.00	MIN

## Verifica a spostamento

### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
Ulim	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	[cm]
1	SLU - STR	7.0000	2.3698
2	SLU - STR	7.0000	3.5720
3	SLU - GEO	7.0000	5.6523
4	SLV - GEO	7.0000	0.0073
5	SLU - GEO	7.0000	4.6003
6	Eccezionale	7.0000	3.6588
7	SLE - Rara	7.0000	1.3330
8	SLE - Frequente	7.0000	0.2421
9	SLE - Quasi permanente	7.0000	0.0000
10	SLE - Rara	7.0000	3.6588
11	SLE - Frequente	7.0000	3.6588
12	SLE - Quasi permanente	7.0000	3.6588
13	SLD	7.0000	0.0000

## Verifiche di corpo rigido

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS <sub>RIB</sub>	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS <sub>SCO</sub>	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S	R	W	T	P	V	C	Mr	Ms	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]		
3	SLU - GEO	49788	113413	0	0	0	0	0	285292	570247	1.999	2.313
		9.18	9.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

## Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

### Verifica a flessione

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
----	-------------------------------

Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M <sub>u</sub>	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 36.19 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	FS
	[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
6 - Eccezionale	2.90	3165	276	5361	467	1.694

### Verifica a taglio

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V <sub>Ed</sub>	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V <sub>Rd</sub>	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V <sub>Rd</sub> /V <sub>Ed</sub> )

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 36.19 cmq

n° - Tipo	Y	V <sub>Ed</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
	[m]	[kg]	[kg]	
6 - Eccezionale	2.00	1419	45857	32.311

### Verifica tensioni

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ <sub>f</sub>	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
τ <sub>f</sub>	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]
σ <sub>id</sub>	tensione ideale espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Area della sezione del tubolare 36.19 [cmq]

σ <sub>f</sub>	τ <sub>f</sub>	σ <sub>id</sub>	cmb
[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	
2749.50	1.16	2749.50	10

### Verifica sezione cordoli

#### Simbologia adottata

M <sub>h</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T <sub>h</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M <sub>v</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T <sub>v</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

#### **Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)**

B=80.00 [cm]	H=80.00 [cm]		
A <sub>FV</sub> =26.14 [cmq]	A <sub>Fh</sub> =22.12 [cmq]	Staffe φ12/18	Nbh=2 - Nbv=2
M <sub>h</sub> =484 [kgm]	M <sub>uh</sub> =77035 [kgm]	FS=159.06	
T <sub>h</sub> =969 [kg]	T <sub>Rh</sub> =34748 [kg]	FS <sub>T</sub> =35.87	
M <sub>v</sub> =98 [kgm]	M <sub>uv</sub> =77035 [kgm]	FS=786.07	
T <sub>v</sub> =560 [kg]	T <sub>R</sub> =34748 [kg]	FS <sub>Tv</sub> =62.05	



## 6. FASCICOLO DEI CALCOLI CORDOLO IN C.A. PER SOLLECITAZIONI DA URTO

### Geometria

#### Elenco vincoli nodi

##### Simbologia

Com =Commento

m.

Kt =Coeff. di sottofondo su suolo elastico alla Winkler

Ly =Lunghezza (dir. Y locale)

Lz =Larghezza (dir. Z locale)

RL =Rotazione libera

Rx =Rotazione intorno all'asse X (L=libera, B=bloccata, E=elastica)

Ry =Rotazione intorno all'asse Y (L=libera, B=bloccata, E=elastica)

Rz =Rotazione intorno all'asse Z (L=libera, B=bloccata, E=elastica)

Sx =Spostamento in dir. X (L=libero, B=bloccato, E=elastico)

Sy =Spostamento in dir. Y (L=libero, B=bloccato, E=elastico)

Sz =Spostamento in dir. Z (L=libero, B=bloccato, E=elastico)

Vn =Numero del vincolo nodo

Vn	Comm.	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	RL	Ly	Lz	Kt	Vn	Comm.	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	RL	Ly	Lz	Kt
									<m>	<m>	<daN/cm<sup>c</sup>										<m>	<m>	<daN/cm<sup>c</sup>
1	Libero	L	L	L	L	L	L					2	Incastro	B	B	B	B	B	B				

#### Elenco nodi

##### Simbologia

Imp. =Numero dell'impalcato

Nod =Numero del nodo

o

Vn =Numero del vincolo nodo

X =Coordinata X del nodo

Y =Coordinata Y del nodo

Z =Coordinata Z del nodo

Nodo	X	Y	Z	Imp.	Vn
	<m>	<m>	<m>		
1	0.00	-0.00	0.00	0	2
2	0.50	-0.00	0.00	0	1

#### Elenco materiali

##### Simbologia

$\alpha$  =Coeff. di dilatazione termica

$\nu$  =Coeff. di Poisson

Com =Commento

m.

E =Modulo elastico

G =Modulo elastico tangenziale

Mat. =Numero del materiale

P =Peso specifico

Mat.	Comm.	P	E	G	$\nu$	$\alpha$
		<daN/cm<sup>c</sup>	<daN/cm<sup>q</sup>	<daN/cm<sup>q</sup>		
5	Calcestruzzo classe C25/30	2500	314472.00	142942.00	0.1	1.000000E-05

#### Elenco sezioni aste

##### Simbologia

B =Base

C = Numero del criterio di progetto  
 Comm. = Commento  
 Crit. C.F. = Criterio di progetto collegamento finale  
 Crit. C.I. = Criterio di progetto collegamento iniziale  
 H = Altezza  
 Ma = Numero del materiale  
 Mem. = Membratura  
     T = Trave  
 Sez. = Numero della sezione  
 Tipo = Tipologia  
     R = Rettangolare  
 Ver. = Verifica prevista  
     C = Cemento armato

Sez.	Comm.	Tipo	Mem.	Ver.	B <cm>	H <cm>	Ma	C	Crit. C.I.	Crit. C.F.
1	Aggetto porta guard rail	R	T	C	100.00	50.00	5	1		

### Elenco aste

#### Simbologia

Asta = Numero dell'asta  
 Dy1 = Scost. filo fisso Y1  
 Dy2 = Scost. filo fisso Y2  
 Dz1 = Scost. filo fisso Z1  
 Dz2 = Scost. filo fisso Z2  
 FF = Filo fisso  
 Kt = Coeff. di sottofondo su suolo elastico alla Winkler  
 N1 = Nodo iniziale  
 N2 = Nodo finale  
 Par. = Numero dei parametri aggiuntivi  
 Rot. = Rotazione  
 Sez. = Numero della sezione  
 Va = Numero del vincolo asta

Asta	N1	N2	Sez.	Va	Par.	Rot. <grad>	FF	Dy1 <cm>	Dy2 <cm>	Dz1 <cm>	Dz2 <cm>	Kt <daN/cm>
201	1	2	1	1		0.00	55	0.00	0.00	0.00	0.00	

### Carichi

#### Elenco tipi CCE

#### Simbologia

$\gamma_{max}$  = Coeff.  $\gamma_{max}$   
 $\gamma_{min.}$  = Coeff.  $\gamma_{min.}$   
 $\psi_0$  = Coeff.  $\psi_0$   
 $\psi_{0,s}$  = Coeff.  $\psi_0$  sismico (D.M. 96)  
 $\psi_1$  = Coeff.  $\psi_1$   
 $\psi_2$  = Coeff.  $\psi_2$   
 Comm. = Commento  
 Durata = Durata del carico  
     P = Permanente  
     M = Media  
 Tipo = Tipologia  
     G = Permanente  
     Qv = Variabile vento  
     Q = Variabile  
 Tipo = Tipo condizione di carico elementare  
 CCE

Tipo CCE	Comm.	Tipo	Durata	$\gamma$ min.	$\gamma$ max.	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_{0,s}$
1	D.M. 18 Permanenti strutturali	G	P	1.00	1.30				
9	D.M. 18 Variabili Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	Q	M	0.00	1.50	0.70	0.50	0.30	0.00

## Condizioni di carico elementari

### Simbologia

CCE = Numero della condizione di carico elementare

Comm. = Commento

Dir. = Direzione del vento

Jpx = Moltiplicatore del momento d'inerzia intorno all'asse X

Jpy = Moltiplicatore del momento d'inerzia intorno all'asse Y

Jpz = Moltiplicatore del momento d'inerzia intorno all'asse Z

Mx = Moltiplicatore della massa in dir. X

My = Moltiplicatore della massa in dir. Y

Mz = Moltiplicatore della massa in dir. Z

Sic. = Contributo alla sicurezza

S = a sfavore

Tipo = Tipologia di pressione vento

M = Massimizzata

E = Esterna

I = Interna

Tipo CCE = Tipo di CCE per calcolo agli stati limite

CCE

Var. = Tipo di variabilità

B = di base

s = Coeff. di riduzione (T.A. o S.L. D.M. 96)

CCE	Comm.	Tipo CCE	Sic.	Var.	s	Dir. <grad>	Tipo	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	qps	1	S	--	1.00	--	--	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
2	Urto	9	S	B	1.00	--	--	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

## Elenco carichi nodi

### Condizione di carico n. 2: Urto

#### Carichi concentrati

### Simbologia

Fx = Componente X della forza applicata

Fy = Componente Y della forza applicata

Fz = Componente Z della forza applicata

Mx = Momento intorno all'asse X

My = Momento intorno all'asse Y

Mz = Momento intorno all'asse Z

Nod = Numero del nodo

o

Nodo	Fx <daN>	Fy <daN>	Fz <daN>	Mx <daNm>	My <daNm>	Mz <daNm>
2	-2500.00	0.00	0.00	0.00	-2500.00	0.00

## Risultati del calcolo

### Parametri di calcolo

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con:

ModeSt ver. 8.23, licenza n. 5961, prodotto da Tecnisoft s.a.s. - Prato

La struttura è stata calcolata utilizzando come solutore agli elementi finiti:

Xfinest ver. 8.6.0, prodotto da Ce.A.S. S.r.l. - Milano

Tipo di normativa: stati limite D.M. 18

Tipo di calcolo: calcolo statico

Vincoli esterni: Considera sempre vincoli assegnati in modellazione

Schematizzazione piani rigidi: nessun impalcato rigido

Modalità di recupero masse secondarie: mantenere sul nodo masse e forze relative

**Generazione combinazioni**

- Lineari: Sì
- Valuta spostamenti e non sollecitazioni: No
- Buckling: No

**Opzioni di calcolo**

- Sono state considerate infinitamente rigide le zone di connessione fra travi, pilastri ed elementi bidimensionali con una riduzione del 20%
- Calcolo con offset rigidi dai nodi: No
- Uniformare i carichi variabili: No
- Massimizzare i carichi variabili: No
- Recupero carichi zone rigide: taglio e momento flettente

**Opzioni del solutore**

- Tipo di elemento bidimensionale: QF46
- Calcolo sforzo nei nodi: No
- Trascura deformabilità a taglio delle aste: No
- Analisi dinamica con metodo di Lanczos: Sì
- Check sequenza di Sturm: Sì
- Analisi non lineare con Newton modificato: No
- Usa formulazione secante per buckling: No
- Trascura buckling torsionale: No

**Dati struttura**

- Edificio esistente: No
- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale  $V_N$ : 50.00
- Classe d'uso: Classe III
- Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici: No
- Genera stati limite per verifiche di resistenza al fuoco: No

**Ambienti di carico**

**Simbologia**

N = Numero

Com = Commento

m.

1=qps

2=Urto

F =azioni orizzontali convenzionali

SLU =Stato limite ultimo

SLR =Stato limite per combinazioni rare

SLF =Stato limite per combinazioni frequenti

SLQ/ =Stato limite per combinazioni quasi permanenti o di danno

D

S = Sì

N = No

N	Comm.	1	2	SLU	SLR	SLF	SLQ
1	Calcolo statico	S	S	S	S	S	S

**Elenco combinazioni di carico simboliche**

**Simbologia**

CC =Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari

Com =Commento

m.

TCC =Tipo di combinazione di carico

SLU = Stato limite ultimo

SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara  
 SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente  
 SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente

CC	Comm.	TCC	1	2
1	Amb. 1 (SLU)	SLU	$\gamma_{max}$	$\gamma_{max}$
2	Amb. 1 (SLE R)	SLE R	1	1
3	Amb. 1 (SLE F)	SLE F	1	$\psi_1$
4	Amb. 1 (SLE Q)	SLE Q	1	$\psi_2$

Genera le combinazioni con un solo carico di tipo variabile come di base: No

Considera sollecitazioni dinamiche con segno dei modi principali: No

#### Combinazioni delle CCE

##### Simbologia

An. = Tipo di analisi

L = Lineare

NL = Non lineare

Bk = Buckling

S = Sì

N = No

CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari

Com = Commento

m.

TCC = Tipo di combinazione di carico

SLU = Stato limite ultimo

SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara

SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente

SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente

CC	Comm.	TCC	An.	Bk	1	2
1	Amb. 1 (SLU)	SLU	L	N	1.30	1.50
2	Amb. 1 (SLE R)	SLE R	L	N	1.00	1.00
3	Amb. 1 (SLE F)	SLE F	L	N	1.00	0.50
4	Amb. 1 (SLE Q)	SLE Q	L	N	1.00	0.30

## Verifiche e armature travi

##### Simbologia

$\Delta_{sm}$  = Distanza media tra le fessure

$\Phi_{eq}$  = Diametro equivalente delle barre

$\epsilon_{sm}$  = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)

$\sigma_c$  = Tensione nel calcestruzzo

$\sigma_f inf$  = Tensione nel ferro - inferiore

$\sigma_f sup$  = Tensione nel ferro - superiore

$\sigma_s$  = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata

$A_{c eff}$  = Area di calcestruzzo efficace

$A_s$  = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace

$A_{fE I}$  = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore

$A_{fE S}$  = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore

$A_{fE St}$  = Area di ferro effettiva della staffatura (d'anima per travi a T o L)

$A_{fEP I}$  = Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, inferiore

$A_{fEP S}$  = Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, superiore

B = Base

CC = Combinazione delle condizioni di carico elementari

c = momento fittizio in campata

a = momento fittizio agli appoggi

T = momento traslato per taglio

e = eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione

TG = taglio da gerarchia delle resistenze

TGND = taglio non dissipativo limitante la gerarchia

TG (Li) = taglio da gerarchia delle resistenze, limite inferiore

TG (Ls) = taglio da gerarchia delle resistenze, limite superiore

Caso = Caso di verifica

Cf inf = Coprifermo inferiore

Cf sup = Coprifermo superiore

ClS = Tipo di calcestruzzo

El = Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)

Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo

Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio  
 Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
 H = Altezza  
 K<sub>2</sub> = Coefficiente per distribuzione deformazioni  
 Lung. = Lunghezza del tratto di progettazione  
 MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y  
 My = Momento flettente intorno all'asse Y  
 Sez. = Numero della sezione  
 Sic. = Sicurezza a rottura  
 Staff. = Staffatura adottata  
 TCC = Tipo di combinazione di carico  
     SLU = Stato limite ultimo  
     SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara  
     SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente  
     SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente  
 Tipo = Tipologia  
     R = Rettangolare  
 Tp = Tipo di acciaio  
 VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo  
 VRsd = Taglio ultimo lato armatura  
 Vrdu = Taglio ultimo resistente  
 Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo  
 Wk = Ampiezza caratteristica delle fessure  
 X = Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale  
 X0 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto  
 X1 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto  
 Xg = Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica  
 bw = Larghezza membratura resistente al taglio  
 c = Ricoprimento dell'armatura  
 ctgθ = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 s = Distanza massima tra le barre

## Travata n. 201

Nodi: 1 2

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cmq>	Fctk <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Tp	Fyk <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>
1	R	100.00	50.00	4.10	4.10	C25/30	249.00	17.91	141.10	11.94	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	AfEP S <cmq>	AfEP I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
0.061	SLU	1	1	6.00	10.05	10.05	10.05	10.05	-3953.13	-17540.70	4.437

Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	My <daNm>	σ <sub>r</sub> sup <daN/cmq>	σ <sub>r</sub> inf <daN/cmq>	σ <sub>c</sub> <daN/cmq>
0.062	SLE R	1	1	6.00	10.05	10.05	-2656.25	620.90	-94.65	10.99
0.064	SLE Q	1	1	6.00	10.05	10.05	-906.25	211.84	-32.29	3.75

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione

Caso	Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	My <daNm>	c <mm>	s <mm>	K <sub>2</sub>	Φ <sub>eq</sub>	Δ <sub>sm</sub> <mm>	A <sub>s</sub> <cmq>	A <sub>c</sub> eff <cmq>	σ <sub>s</sub> <daN/cmq>	ε <sub>sm</sub>	Wk <mm>
3	0.064	SLE Q	1	1	1	6.00	-906.25	37.00	229.50	0.50	16.00	302.78	10.05	1125.00	211.84	0.06	0.03
4	0.063	SLE F	1	1	1	6.00	-1406.25	37.00	229.50	0.50	16.00	302.78	10.05	1125.00	328.71	0.10	0.05

Stato limite ultimo - Verifiche a taglio

CC	X0 <m>	X1 <m>	Lung. <m>	Staff.	AfE St. <cmq/m>	bw <m>	Vsdu <daN>	ctgθ	VRsd <daN>	VRcd <daN>	Vrdu <daN>	Sic.	
1	SLU	0.06	0.44	0.38	ø12/35 6 br.	19.39	1.00	715.00	2.50	78351.20	100497.00	78351.20	>100

Prato, 6 novembre 2021

il progettista

dott. ing. Gabriele Bravi

